

Woningbouw deelplan M en T van Plantage de Sniep nabij keerlus tramlijn 9 te Diemen

Trillingen vanwege de tramkeerlus

Concept





Woningbouw deelplan M en T van Plantage de Sniep nabij keerlus tramlijn 9 te Diemen

Trillingen vanwege de tramkeerlus

Concept

opdrachtgever	Gemeente Diemen
rapportnummer	FV 15254-2-RA
datum	24 februari 2017
referentie	TKe/EdV/HT/FV 15254-2-RA
verantwoordelijke	ir. A.C.R. Kessen
opsteller	ing. E. de Vries +31 24 3570763 e.devries@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Metingen	6
2.1	Doel van de metingen en meetmethode	6
2.2	Meetinstrumenten	7
2.3	Meetresultaten	7
3	Beoordeling	11
3.1	Metingen	11
3.2	Geprojecteerde woningen	12
4	Toetsing	14
4.1	Toetsingskader	14
4.2	Toetsing	14
5	Conclusie	16
5.1	Optredende trillingen	16
5.2	Aandachtspunten	16
5.3	Inpasbaarheid bestemmingsplan	17

1 Inleiding

In opdracht van de gemeente Diemen is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege tramverkeer in geprojecteerde appartementen van de deelplannen M en T van Plantage De Sniep te Diemen.

Het bouwplan is gesitueerd tot op zeer korte afstand van de toekomstige keerlus van de tram, met afstanden tot slechts 5 m uit het hart van de nieuwe keerlus.. Binnen het bouwplan zal een aantal appartementen worden gerealiseerd. De exacte invulling van het plan is nog niet bekend.

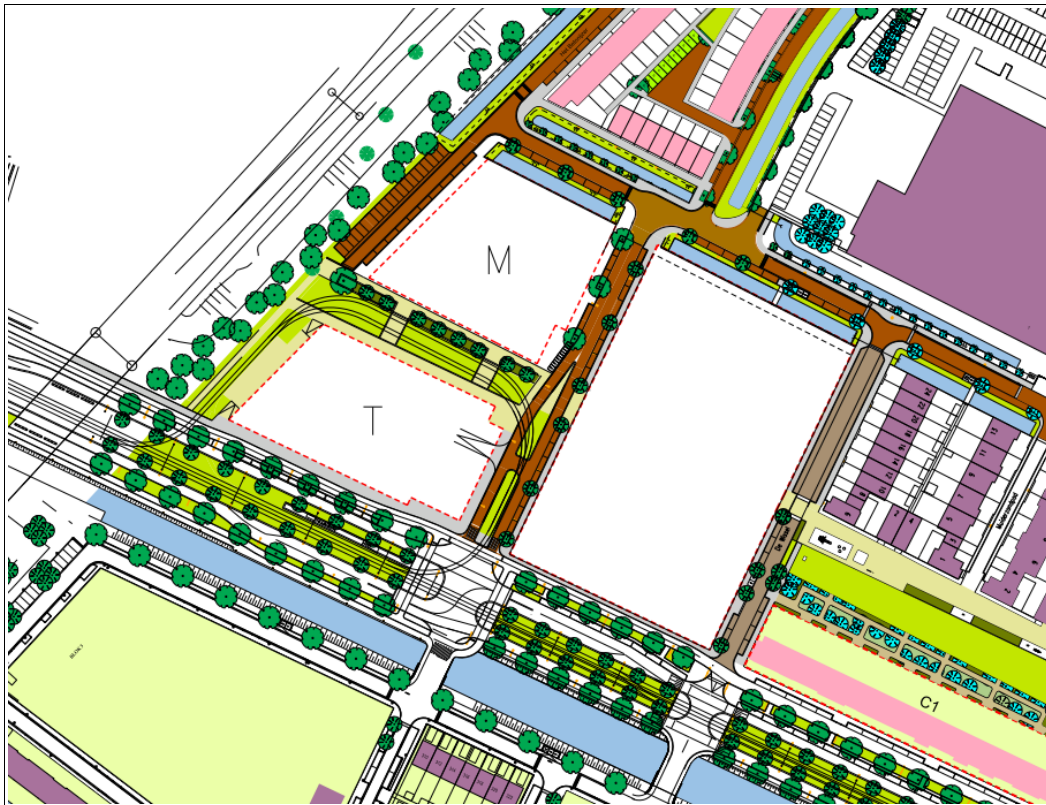
In figuur 1.1 is de situering van de nieuwe keerlus (rood) weergegeven, evenals de bestaande keerlus (groen).

f1.1 Weergave nieuwe (rood) en oude (groen) keerlus tramlijn 9.



Vervolgens toont figuur 1.2 de situering van de nieuwe tramkeerlus weergegeven, alsook de globale locatie van de bouwplannen M en T nabij deze keerlus.

f1.2 Situering nieuwe keerlus en bouwplannen M en T.



Het onderzoek dient te worden gezien als een vooronderzoek waarbij, mede gebruik makend van trillingmetingen ter plaatse, een eerste beoordeling wordt gegeven. Hierbij wordt aangenomen dat de nieuwe keerlus trillingstechnisch vergelijkbaar zal zijn met de bestaande keerlus.

Voor de beoordeling van de in de woning te verwachten trillingen is uitgegaan van de streefwaarden voor de maximaal optredende trillingssnelheden zoals opgenomen in de Richtlijn deel B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006.

2 Metingen

2.1 Doel van de metingen en meetmethode

De metingen hebben tot doel inzicht te verkrijgen met betrekking tot de trillingniveaus vanwege tramverkeer.

D.d. 7 februari 2017 zijn bij de bestaande keerlus aan de Muiderstraatweg te Diemen trillingmetingen verricht.

Op deze tramlijn (lijn 9) rijdt het GVB met Combino's (13G- en 14G-serie), tramnummers 2073 t/m 2130 die ook ingezet worden op de lijnen 3, 4, 7, 12 en 14. De Amsterdamse Combino is 5-delig (4 geledingen) en is 29,2 meter lang en 2,4 meter breed.

In figuur 2.1 is de situering van de nieuwe keerlus (rood) weergegeven, evenals de bestaande keerlus (groen).

f2.1 Weergave nieuwe (rood) en oude (groen) keerlus tramlijn 9.



Met betrekking tot de metingen is aansluiting gezocht bij de SBR Richtlijn deel B (Hinder voor personen in gebouwen).

2.2 Meetinstrumenten

De metingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingmeetsystemen, fabrikaat SYSCOM, type MR2002-CE. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

2.3 Meetresultaten

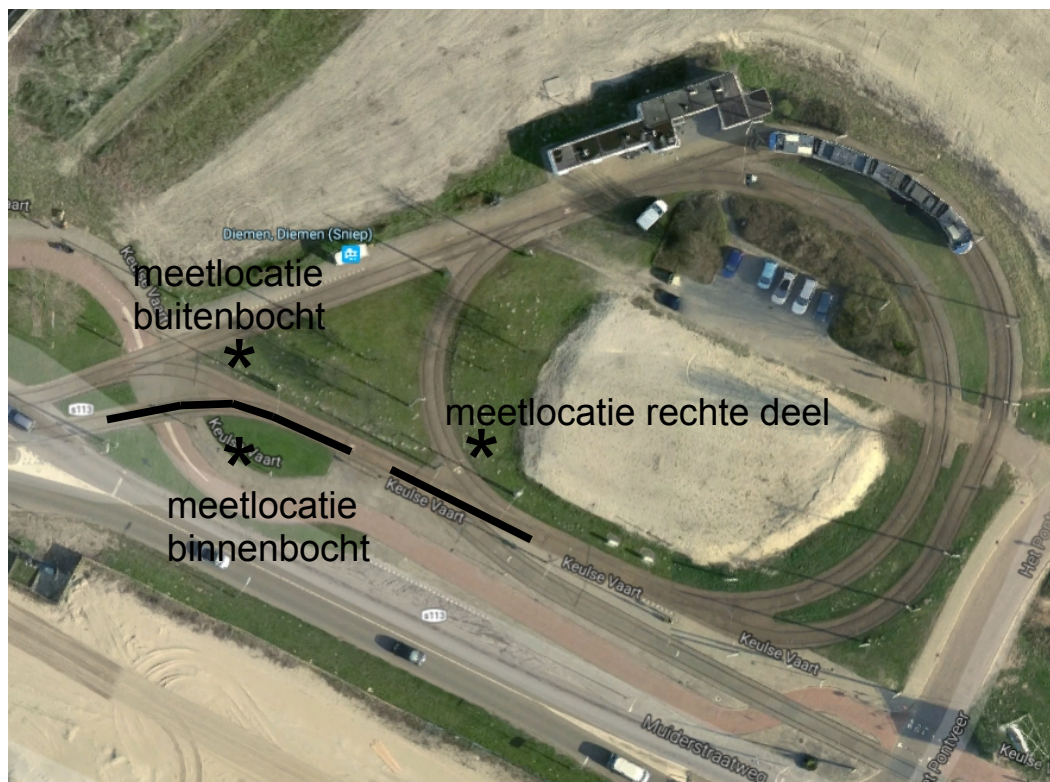
De metingen zijn verricht tussen 11.00 en 14.30 uur op 7 februari 2017.

De metingen zijn uitgevoerd op 7 m afstand tot een recht deel van de trambaan en op 5 m afstand tot een binnenbocht van de trambaan. Beide meetlocaties komen overeen met de afstand tot de trambaan waar woningbouw is voorzien.

Bij de bocht zijn metingen verricht op 5 m afstand van zowel de binnenbocht als de buitenbocht. Op basis hiervan volgt of de hoogste trillingniveaus juist bij een binnenbocht of bij een buitenbocht optreden.

Figuur 2.2 toont de ligging van de meetlocaties.

f2.2 Ligging meetlocaties



Om inzicht te krijgen in de trillingen op grotere afstand tot de trambaan zijn aanvullende metingen verricht op 30 m afstand tot het rechte deel en 30 m afstand tot de buitenbocht verricht. Deze waarden kunnen bij eventueel vervolgonderzoek worden benut.

De metingen zijn verricht met een meetsysteem waarbij in de bodem is gemeten. Hierbij is in de twee horizontale richtingen, aangeduid met X (parallel aan de trambaan) en Y (loodrecht op de trambaan), en de verticale richting, aangeduid met Z, gemeten.

Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is de maximale trillingsterkte $V_{\max}$ (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz). Conform deze richtlijn geldt dat de grootste trillingsterkte in een tijdsinterval van 30 seconde wordt bepaald.

Tabellen 2.1 t/m 2.3 geven een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ bij het rechte deel van de trambaan in de X, Y en Z richting.

t2.1 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale X richting (recht deel trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale X richting	
	7 m afstand	30 m afstand
11:18	0,24	-
11:24	0,28	0,11
11:34	0,22	0,09
11:46	0,25	0,09
11:55	0,21	0,08
12:05	0,29	0,10
12:15	0,31	0,11
12:29	0,28	0,11

t2.2 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale Y richting (recht deel trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale Y richting	
	7 m afstand	30 m afstand
11:18	0,36	-
11:24	0,39	0,13
11:34	0,36	0,12
11:46	0,45	0,15
11:55	0,30	0,10
12:05	0,40	0,15
12:15	0,45	0,14
12:29	0,38	0,14

t2.3 Resultaten maximale trillingsterkte in verticale Z richting (recht deel trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in verticale Z richting	
	7 m afstand	30 m afstand
11:18	0,42	-
11:24	0,38	0,07
11:34	0,36	0,05
11:46	0,44	0,07
11:55	0,25	0,05
12:05	0,40	0,06
12:15	0,42	0,05
12:29	0,43	0,05

Tabellen 2.4 t/m 2.6 geven een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ bij de bocht van de trambaan in de X, Y en Z richting.

t2.4 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale X richting (bocht trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale X richting		
	5 m afstand buitenbocht	5 m afstand binnenbocht	30 m afstand buitenbocht
13:14	1,64	2,32	0,06
13:22	2,94	3,52	0,13
13:30	3,11	3,55	0,04
13:36	3,06	3,07	0,05
13:47	3,52	2,44	0,05
13:58	3,91	3,26	0,03
14:07	1,39	2,02	0,03
14:15	3,33	2,99	0,03
14:23	3,50	3,00	0,07

t2.5 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale Y richting (bocht trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale Y richting		
	5 m afstand	5 m afstand	30 m afstand
	buitenbocht	binnenbocht	buitenbocht
13:14	2,10	3,25	0,05
13:22	2,22	3,71	0,20
13:30	1,56	3,36	0,06
13:36	1,58	3,23	0,12
13:47	2,34	4,14	0,07
13:58	2,03	3,37	0,08
14:07	1,50	2,97	0,05
14:15	2,36	2,90	0,06
14:23	2,33	4,28	0,07

t2.6 Resultaten maximale trillingsterkte in verticale Z richting (bocht trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in verticale Z richting		
	5 m afstand	5 m afstand	30 m afstand
	buitenbocht	binnenbocht	buitenbocht
13:14	0,99	1,17	0,06
13:22	2,34	3,29	0,16
13:30	2,07	2,44	0,07
13:36	1,53	2,05	0,12
13:47	1,84	2,27	0,08
13:58	1,61	2,85	0,07
14:07	0,93	1,14	0,04
14:15	1,26	1,53	0,05
14:23	1,69	3,22	0,06

3 Beoordeling

3.1 Metingen

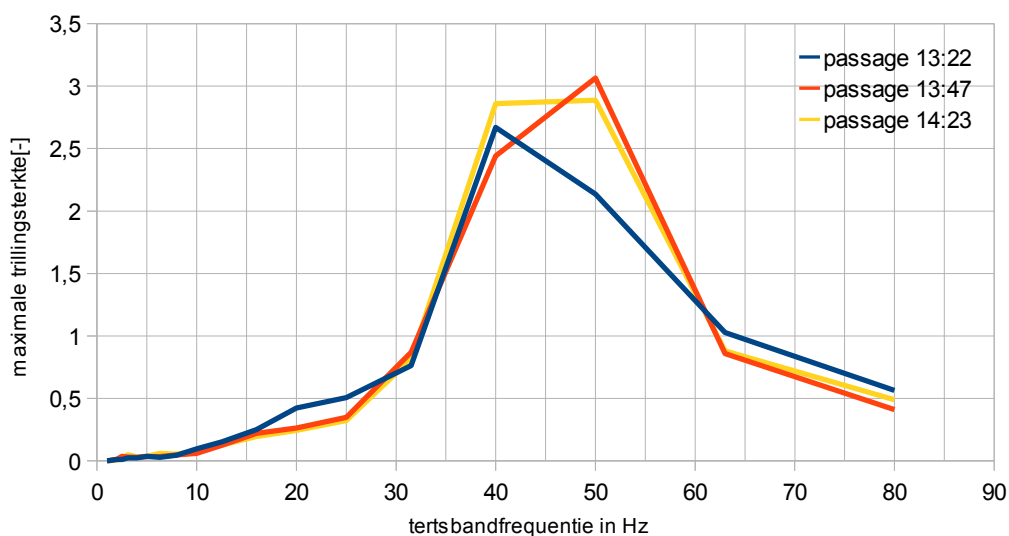
Op basis van de meetresultaten volgt dat de hoogste trillingsterktes zijn gemeten op 5 m afstand tot een binnenbocht van de trambaan. Op deze afstand tot een binnenbocht zijn momenteel appartementen voorzien.

Op 5 m afstand tot de buitenbocht treden gering lagere trillingsterktes op en op 7 m afstand tot het rechte deel van de trambaan treden aanzienlijk lagere trillingsterktes op in vergelijking met de binnenbocht.

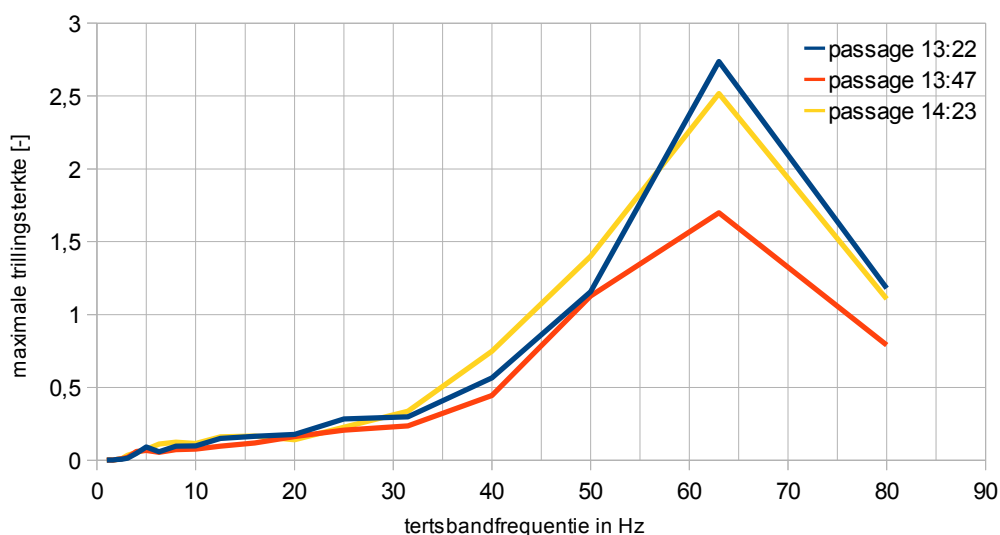
In horizontale richting treden de hoogste trillingsterktes op met maximale trillingsterktes tot 4,3 in de bodem. In verticale richting is sprake van een maximale trillingsterkte tot 3,3 in de bodem. Deze waarden zijn aangetroffen op 5m afstand tot de binnenbocht van de trambaan.

Ten behoeve van een beoordeling dient inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes. Figuren 3.1 en 3.2 tonen de spectrale verdeling van de 3 maatgevende trampassages in de binnenbocht. Figuur 3.1 toont de horizontale X en Y richting waarbij per frequentie de hoogste waarde van beide richtingen is bepaald. Figuur 3.2 toont de spectrale verdeling in verticale Z richting.

f3.1 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (horizontale X en Y richting)



f3.2 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (verticale Z richting)



De figuren tonen dat als gevolg van een trampassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen globaal 40 en 50 Hz in horizontale richting en tussen globaal 60 en 70 Hz in verticale richting.

3.2 Geprojecteerde woningen

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in de toekomstige appartementen dienen de nu in de bodem gemeten waarden in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslingering in de gebouwen. Deze opslingering kan in verticale richting veroorzaakt worden door (vrij overspannen) vloervelden en in horizontale richting kan de gebouwconstructie verder nog voor opslingering zorgen.

Bij de overgang van bodem naar fundament zal afhankelijk van de frequentie sprake zijn van een demping tot 10 dB (afname met factor 3). Deze demping wordt bepaald door de wijze van funderen waarbij een demping van 10 dB als worstcase kan worden aangemerkt voor de hogere frequenties. Een zwaar uitgevoerd fundament zal hoogfrequent (>40 Hz) aanzienlijk meer demping opleveren, mogelijk tot 20 dB.



De opslinging van vloerdelen hangt af van eventuele samenvallende vloerresonanties met het excitatiespectrum van de trampassages en kan 10 tot 15 dB (factor 3 tot 5) bedragen. De opslinging van de gebouwconstructie hangt af van eventuele samenvallende gebouwresonanties met het excitatiespectrum van de trampassages en kan eveneens een factor 3 tot 5 bedragen. De versterking als gevolg van de gebouwresonanties is op basis van onze ervaring met vergelijkbare projecten in het algemeen beperkt tot het frequentiegebied van ca. 4 Hz tot ca. 16 Hz terwijl de versterking als gevolg van vloerresonanties in het algemeen beperkt is tot het frequentiegebied van ca. 8 tot 31,5 Hz.

De meetwaarden zoals genoemd in paragraaf 3.1 in combinatie met de aangegeven dempingen en versterkingen resulteren in een maximaal te verwachten trillingsterkte in woningen tot 1,8 in horizontale richting en 1,4 in verticale richting.

4 Toetsing

4.1 Toetsingskader

Zoals eerder aangegeven is bij de beoordeling aansluiting gezocht bij de richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen' van de Stichting Bouwresearch (SBR B).

Tabel 4.1 toont de van toepassing zijnde streef- en grenswaarden conform de SBR B (nieuwe situaties, herhaald voorkomende trillingen).

t4.1 Overzicht streefwaarden conform SBR B

	dag en avond			nacht		
	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]
woning	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Volgens de SBR dient de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in eerste instantie getoetst te worden aan A₁. Indien hieraan voldaan wordt is sprake van een acceptabele situatie. Indien niet wordt voldaan aan A₁ dient de maximale trillingssterkte getoetst te worden aan A₂.

Bij overschrijding van A₂ is sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie. In het geval dat wordt voldaan, dient de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de betreffende ruimte (V_{per}) getoetst te worden aan A₃. Bij overschrijding van A₃ is wederom sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie.

Opgemerkt wordt dat de streefwaarden van de SBR in principe in het onderhavige geval geen wettelijke grenswaarden zijn.

Volledigheidshalve nog de kanttekening dat het voldoen aan de streefwaarden van de SBR niet inhoudt dat geen sprake zal zijn van voelbare trillingen. De waarde van 0,1 wordt normaliter gezien als de voelbaarheidsgrens. Een streefwaarde van $V_{\max}$ van 0,2 in woningen sluit derhalve niet uit dat bepaalde passages voelbaar kunnen zijn.

4.2 Toetsing

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde A₁ van 0,1. Deze waarde zal, gezien de verwachte maximale trillingsterkte tot 1,8 in de geprojecteerde appartementen, ruim worden overschreden.

Bij overschrijding van de onderste streefwaarde wordt in eerste instantie toetsing aan de bovenste streefwaarde A₂ relevant. Omdat ook in de nacht sprake is van passerende trams

geldt een maatgevende A_2 van 0,2 (conform de huidige dienstregeling arriveert de eerste tram om 05.53 uur en de laatste om 00.52 uur).

Ook deze waarde zal worden overschreden waarmee sprake is van een in relatie tot de SBR B niet inpasbare situatie. Deze waarde wordt met een factor 9 overschreden.

Hoewel toetsing van de trillingsterkte V_{per} daarmee in principe niet meer aan de orde is, is volledigheidshalve wel de V_{per} bepaald teneinde inzicht te verkrijgen in de wenselijke reducties.

Uitgaande van de huidige dienstregeling van tramlijn 9 en de te verwachten maximale trillingsterkte in de appartementen van 1,8 optreedt kan een gemiddelde trillingsterkte V_{per} worden vastgesteld van maximaal 0,46 in de dagperiode, 0,40 in de avondperiode en 0,37 in de nachtperiode.

Hiermee wordt ook de streefwaarde overschreden met maximaal een factor 9.

5 Conclusie

5.1 Optredende trillingen

Op basis van de verrichte metingen kan worden geconcludeerd dat, onder de aanname dat trillingen vanwege de toekomstige keerlus trillingstechnisch vergelijkbaar zijn met de huidige keerlus, de in het kader van trillinghinder in woningen na te streven waarden zoals aangegeven in de Richtlijn deel B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006 ruim zullen worden overschreden.

Teneinde te voldoen aan de criteria van de SBR B dienen de trillingsterkten naar verwachting met een factor 9 gereduceerd te worden.

De hoogste waarden treden op in plandeel T. In plandeel M zullen naar verwachting de trillingniveaus lager zijn aangezien daar de optredende trillingen met name worden veroorzaakt door het rijden over het rechte deel van de trambaan en het rijden door een aantal buitenbochten.

5.2 Aandachtspunten

Ten aanzien van de bovenstaande conclusie dient te worden opgemerkt dat de overschrijding met een factor 9 gebaseerd is op de gemeten situatie. Aangezien de keerlus volledig nieuw wordt ingericht zal verschil in materieel, andere rijsnelheid en verschil in uitvoering trambaan ook van invloed zijn op de optredende trillingen in de bodem en daarmee ook in woningen. De invloed van deze aandachtspunten wordt in het navolgende deel nader toegelicht.

De huidige metingen zijn verricht aan de bestaande trambaan. Op deze tramlijn rijdt het GVB met Combino's (13G- en 14G-serie), tramnummers 2073 t/m 2130 die ook ingezet worden op de lijnen 3, 4, 7, 12 en 14.

De 15G-trams die naar verwachting vanaf 2020 in Amsterdam geïntroduceerd worden, zullen in eerste aanleg niet op deze tramlijn gaan rijden.

De te verwachten trillingsterktes in de appartementen zijn afhankelijk van het trammaterieel dat in de toekomstige situatie daadwerkelijk wordt ingezet. Indien afwijkend materieel wordt ingezet zullen de optredende trillingniveaus ook afwijken.

Verder zal ook de uitvoering van de trambaan van invloed zijn. De bij de huidige keerlus gemeten waarde zijn in het algemeen significant hoger dan onzerzijds aangetroffen trillingniveaus op vergelijkbare afstand tot de trambaan.

In de huidige berekeningen zijn worstcase aannames gemaakt ten aanzien van het fundament. Met name een zwaar uitgevoerd fundament zal voor frequenties hoger dan 40

Hz voor een grotere overgang zorgen van bodem naar fundament zodat de trillingen vanuit de bodem meer worden gereduceerd. Een hogere trillingreductie resulteert in lagere trillingniveaus in de appartementen.

Een ander aandachtspunt betreft de afstand tot de trambaan. Op basis van de trillingmetingen volgt dat de trillingen in de bodem op grotere afstand tot de trambaan snel afnemen. Dit betekent dat indien de appartementen op grotere afstand tot de trambaan gerealiseerd kunnen worden ook relevante lagere trillingniveaus zullen optreden in de appartementen.

In een later stadium kan indien de daadwerkelijke constructieve en bouwkundige uitvoering bekend is, middels uit te voeren dynamische (eindige elementen) berekeningen nader inzicht gegeven worden in mogelijkheden om de trillingsterkten te reduceren. Ook kunnen middels deze berekeningen inzicht worden verkregen in de optredende trillingsterkten in het gehele gebouw en in hoeverre de overschrijding lokaal of juist in het overgrote deel van het gebouw optreedt.

5.3 Inpasbaarheid bestemmingsplan

Op basis van ervaring dient de situatie beoordeeld te worden als kritisch maar wel technisch oplosbaar. De exacte maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd. Middels deze maatregelen kan een acceptabel woonklimaat worden gewaarborgd zodat qua trillingen geen belemmeringen bestaan om het bestemmingsplan vast te stellen.

Mook,

Dit rapport bevat 17 pagina's